

Белянин В.А., Свинин М.К.
Марийский государственный университет, г.Йошкар-Ола,
skva12@mail.ru

УЧЕБНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГЛОЩЕНИЯ β -ИЗЛУЧЕНИЯ ИЗОТОПА $^{40}_{19}\text{K}$ В ЖИДКОСТЯХ

Аннотация. Рассмотрена методика учебного исследования поглощения β -излучения изотопа $^{40}_{19}\text{K}$ жидкостями. В качестве радиоактивного источника использовалась соль калия. Объектами исследования были вода, керосин, насыщенные растворы сахара и поваренной соли в воде. Для анализа результатов эксперимента и построения графиков применялся математический пакет *Origin*.

Ключевые слова: учебное исследование, β -излучение калия, поглощение радиоактивного излучения жидкостями, коэффициент поглощения β -излучения.

Лабораторные работы по изучению прохождения β -излучения через твердые, жидкие или газообразные вещества традиционно включаются в вузовские лабораторные практикумы по ядерной физике. В качестве источников радиоактивного излучения в эксперименте обычно используются искусственные изотопы, выпускаемые специальными предприятиями для научных, производственных и учебных целей [1–4].

Достоинствами таких источников являются компактность, заведомо необходимая и достаточная радиационная активность. Однако широта применения искусственных изотопов в учебном процессе ограничена их ценой, сроком службы, проблемами приобретения, хранения, утилизации, а также необходимостью решения вопросов защиты людей от их излучения.

В лабораторном практикуме Марийского государственного университета, а также при выполнении учебных исследований в рамках курсовых и выпускных квалификационных работ, находят применение источники β -излучения на основе изотопа $^{40}_{19}\text{K}$, содержащегося в солях калия [5, 6]. Эти, не требующие защиты и безопасные естественно радиоактивные источники позволяют, в частности, решать задачи по изучению: 1) поглощения β и γ -излучения в различных средах, 2) самопоглощения излучения самим радиоактивным источником, 3) распределения интенсивности излучения источников простой геометрической формы. Например, с их помощью можно получить результаты по поглощению электронов непрерывного спектра в твердых, жидких и газообразных средах практически такие же, что и в работах с искусственными изотопами. Этот вывод был сделан нами на основе специально проведенных экспериментов, в которых сравнивались результаты прохождения электронов от разных источников через различные среды [7].

Радиоактивный изотоп калия $^{40}_{19}\text{K}$ содержится в любой соли калия.

Эксперименты, рассмотренные в данной статье, выполнены с солью K_2SO_4 .

Схема распада изотопа $^{19}K^{40}$ приведена на рисунке 1. Стрелками показаны электронный и позитронный распады, e -захват, γ -переход; указаны максимальная энергия частицы и вероятность перехода в процентах. Энергетический спектр β^- -распада изотопа $^{19}K^{40}$ представлен на рисунке 2 [8].

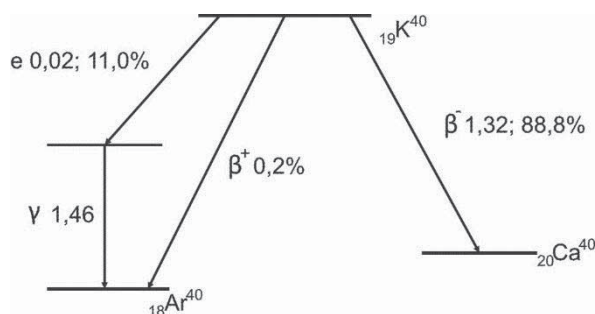


Рис. 1. Схема распада изотопа $^{19}K^{40}$

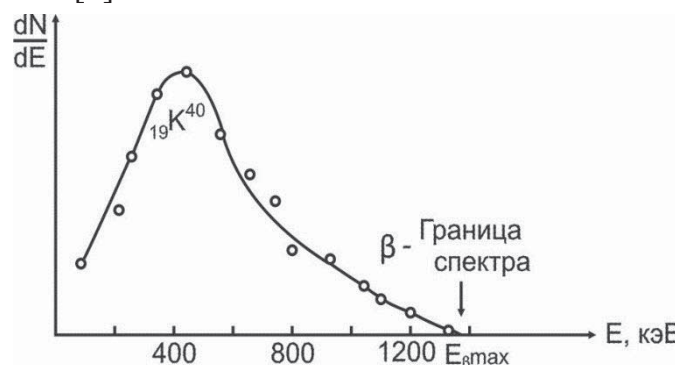


Рис. 2. Энергетический спектр β^- -распада изотопа $^{19}K^{40}$

Максимальная энергия электронов 1,32 МэВ, большая часть электронов имеет энергию около 0,5 МэВ.

Использование солей калия в качестве источника радиоактивных излучений в лабораторных установках возможно при использовании достаточно больших по размеру счетчиков β -излучения, например, СТС-6. Радиоактивные препараты из солей калия должны иметь линейные размеры, сравнимые с размерами детекторов излучения, иначе они не будут пригодными для учебных исследовательских целей в силу малой радиационной активности изотопа калия. Удельная активность химически чистого калия хлористого за счет распада изотопа $^{19}K^{40}$ составляет $3,87 \cdot 10^{-7}$ Ки/кг.

При экспериментальном изучении прохождения электронов β -активности изотопа $^{19}K^{40}$ через жидкости возникают определенные технические трудности. Проблемой выступает, в частности, создание серии постоянно увеличивающихся по толщине слоев жидкости большой площади, но малой и достаточно постоянной толщины.

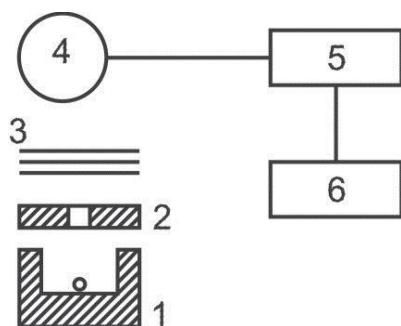


Рис. 3. Общая схема установки для изучения поглощения β -частиц: 1 – источник β -частиц, 2 – коллиматор, 3 – поглотитель, 4 – счетчик β -частиц, 5 – формирователь импульсов, 6 – счетчик импульсов

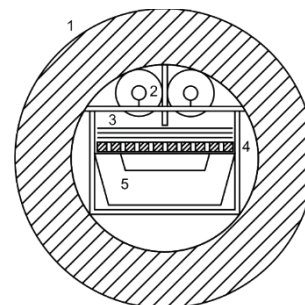


Рис. 4. Схема измерительной камеры прибора "Арион". 1 – свинцовый корпус камеры, 2 – счетчики СТС-6, 3 – поглощающее вещество, 4 – коллиматор, 5 – источник β -частиц (соль KCl или K_2SO_4)

Жидкость в отличие от твердых тел обладает текучестью, что препятствует созданию её слоев постоянной толщины. Конструкция кюветы со строго горизонтальным плоским дном, слабо поглощающим электроны, представляется достаточно сложной и не очень удобной для учебных целей. Более рациональным, с нашей точки зрения, будет решение данной задачи на основе использования сил поверхностного натяжения жидкости. В этом случае в идеальной горизонтальности и плоском дне кюветы нет необходимости.

В наших экспериментах с жидкостями плоская кювета с тонким дном из алюминиевой фольги, слабо поглощающим β -излучение, заполнялась легким пористым материалом, который за счет сил поверхностного натяжения формировал слой жидкости определенной толщины по всей площади кюветы. При такой конструкции кюветы толщину слоя жидкости нужно не измерять, а рассчитывать по массе добавляемой жидкости, её плотности и площади кюветы. При измерениях кювета с жидкостью, так же как и твердые пластинки, ставилась между источником и счетчиком электронов (рис. 4).

Целью нашей работы было экспериментальное изучение кривых поглощения β -излучения изотопа $^{19}K^{40}$ в жидкостях: воде, керосине, насыщенном растворе сахара и насыщенном растворе поваренной соли, плотность которых изменяется от $0,8 \text{ г/см}^3$ у керосина до $1,33 \text{ г/см}^3$ у насыщенного раствора сахара в воде. Выбор объектов исследования был определен нашим желанием обнаружить зависимость коэффициента поглощения β -излучения в жидкостях от их плотности. Результаты эксперимента по поглощению β -излучения изотопа $^{19}K^{40}$ четырьмя жидкостями представлены на рисунках 5–12.

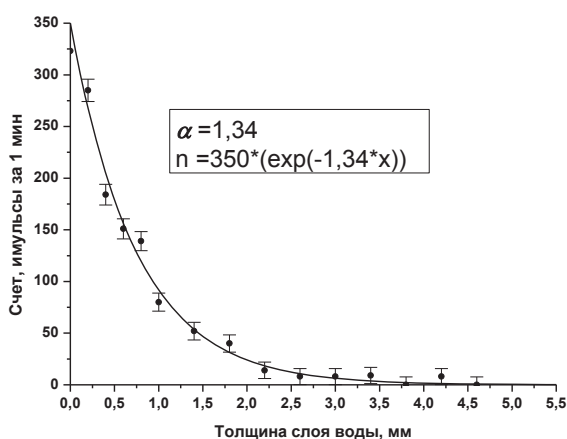


Рис.5. Зависимость скорости счета от толщины слоя воды (источник радиоактивности K_2SO_4)

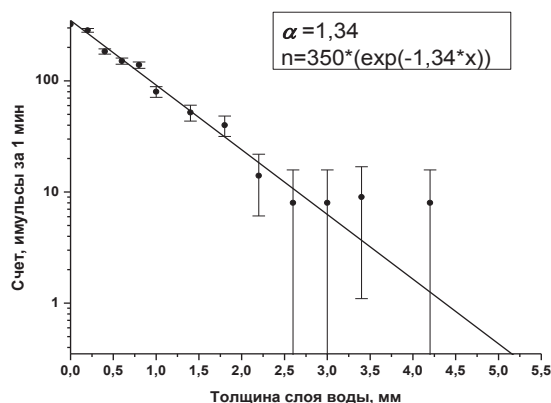


Рис.6. Зависимость скорости счета от толщины слоя воды в полулогарифмическом масштабе (источник радиоактивности K_2SO_4)

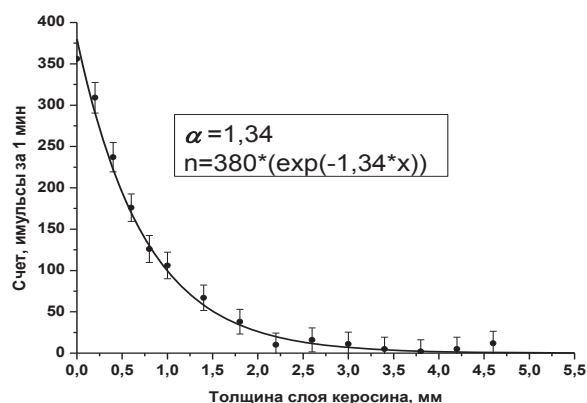


Рис.7. Зависимость скорости счета от толщины слоя керосина (источник радиоактивности соль K_2SO_4)

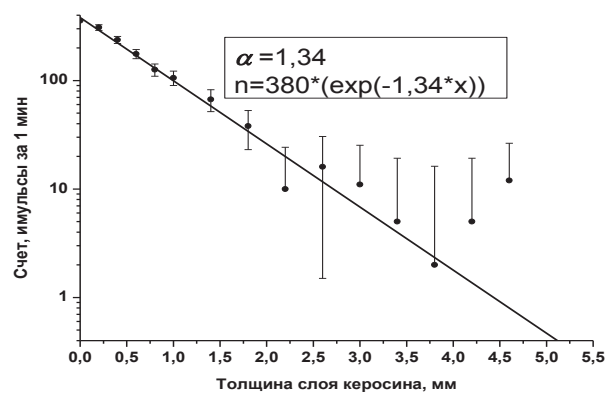


Рис.8. Зависимость скорости счета от толщины слоя керосина в полулогарифмическом масштабе (K_2SO_4)

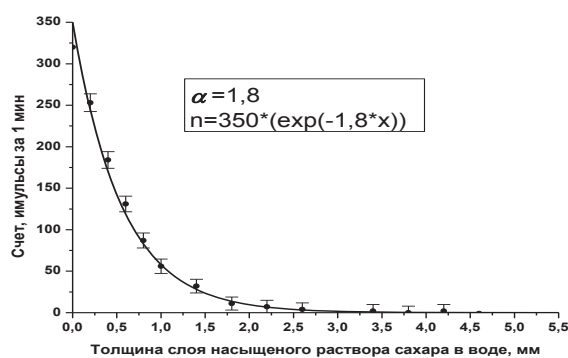


Рис.9. Зависимость скорости счета от толщины слоя насыщенного раствора сахара в воде (источник радиоактивности K_2SO_4)

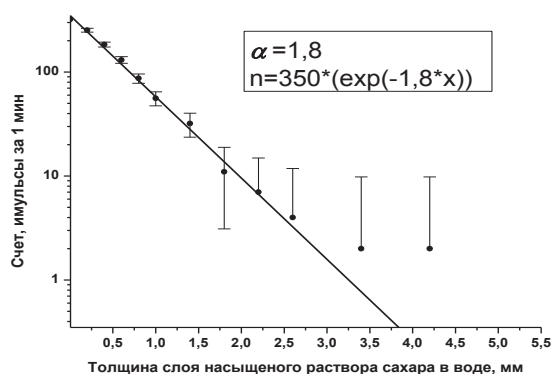


Рис.10. Зависимость скорости счета от толщины слоя насыщенного раствора сахара в воде (полулогарифмический масштаб, K_2SO_4)

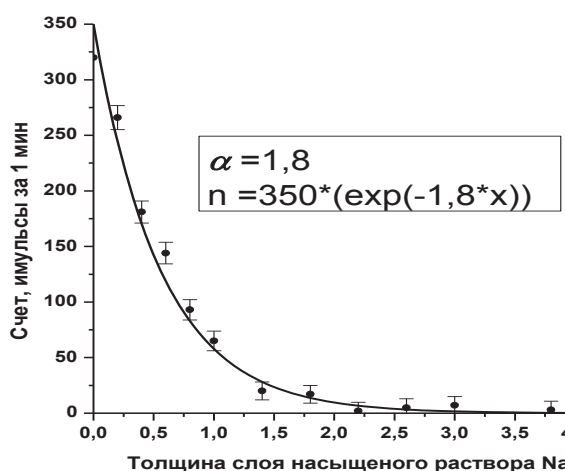


Рис.11. Зависимость скорости счета от толщины слоя насыщенного раствора

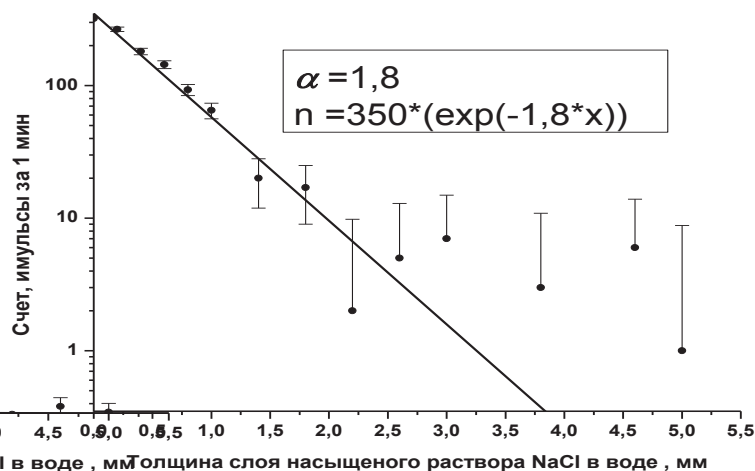


Рис.12. Зависимость скорости счета от толщины слоя насыщенного раствора $NaCl$ в воде (полулогарифмический масштаб, K_2SO_4)

$NaCl$ в воде (источник радиоактивности
 K_2SO_4)

Толщина слоя жидкости в кювете изменялась с шагом 0,2 мм при малых значениях толщины, и 0,4 мм при толщинах слоя жидкости превосходящих 1 мм. Жидкость в кювету добавляли с помощью медицинского шприца.

Время измерения счета составляло 3 минуты для каждой точки. На графиках представлена зависимость скорости счета (за вычетом фона) от толщины слоя жидкости. Вертикальными линиями на графиках обозначены погрешности измерений.

Максимальная скорость счета с сухой кюветой была зафиксирована на уровне $n_0=(350...380)$ имп/мин. Добавление жидкости в кювету приводит к уменьшению числа частиц, регистрируемых счетчиками.

Анализ результатов и построение графиков проведено с помощью математического пакета ORIGIN. Экспериментальные точки в пределах погрешности измерений укладываются на экспоненциальную зависимость. Уравнения кривых представлены на рисунках.

Для каждой жидкости построен график зависимости скорости счета от толщины слоя жидкости в полулогарифмическом масштабе (рис. 6, 8, 10, 12). На этих графиках экспериментальные точки хорошо укладываются на прямую линию, что и подтверждает экспоненциальный характер зависимости числа прошедших через слой жидкости электронов от толщины слоя жидкости.

Таким образом, результаты выполненных экспериментов и их анализ подтверждают возможность использования естественно радиоактивных источников на основе солей калия для проведения учебных исследований поглощения β -излучения изотопа $^{40}_{19}K$ в жидкостях: кривые поглощения носят выраженный экспоненциальный характер, обнаруживается зависимость коэффициента поглощения β -излучения от плотности жидкости, из графиков можно определить предельный пробег электронов в жидкости и толщину слоя половинного поглощения.

Библиографический список

1. Чернушевич Г.А., Перетрухин В.В. Радиационная безопасность. Лабораторный практикум для студентов всех специальностей. Минск: БГТУ. 2016. 176 с.
2. Лабораторный практикум по ядерной физике адаптированный для установок РНУВЕ: учебное пособие для студентов / А.А. Басов, Я.О. Бых, В.А. Демин; Нижегород. гос. техн. ун-т. Нижний Новгород, 2014. 236 с.
3. Аринин В.В., Хрипунов Д.М. Ослабление гамма-излучения веществом. Проверка закона обратных квадратов расстояний / учебно-методическое пособие, Казань: Казанский (Приволжский) федеральный ун-т, 2014. 20 с.
4. Фетисов И.Н. Статистика радиоактивного распада: метод. указания к лаб. работе. М.: изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2009. 20 с.

5. Белянин В.А. Лабораторный практикум по радиоактивности и радиоактивным излучениям// Физическое образование в вузах. ИД МФО, 2009. Т. 15, № 1. С. 60–72.

6. Белянин В.А. Лабораторный практикум по ядерной физике: учебное пособие. Йошкар-Ола: МарГУ, 2009. 155 с.

7. Белянин В.А. Сравнительное изучение взаимодействия β -излучения изотопов $^{19}\text{K}^{40}$ и $^{38}\text{Sr}^{90}$ с веществом в лабораторном практикуме // Физическое образование в вузах. 2011. Т.17, №3. С.30–35

8. Кабардин О.Ф. Практикум по ядерной физике. М.: Просвещение. 1965. 215 с.

УДК 378:47

ББК 74.58+32.85

Выборнов В.Ф.

Новочеркасский политехнический институт ЮРГПУ, г. Новочеркасск

vvladfed@gmail.com

ЭЛЕКТРОННЫЕ УЧЕБНЫЕ МОДУЛИ ДЛЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ БАКАЛАВРОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА»

Аннотация. В статье рассматриваются дидактические возможности учебной базы данных «Электроника», предназначенной для повышения эффективности изучения материала тесно взаимодействующих дисциплин: «Физика», «Физические основы электроники», «Микроэлектроника», «Наноэлектроника». Эти дисциплины входят в реализуемый на кафедре «Физика и электроника» учебный план подготовки бакалавров по направлению «Электроника и наноэлектроника».

Ключевые слова: учебный модуль, физика, электроника, наноэлектроника

Одним из путей решения проблемы фундаментальной физико-математической подготовки студентов технических вузов является разработка доступных для обучаемых электронных учебных пособий. Основу таких пособий составляют тщательно отобранные, привлекательно оформленные и методически грамотно организованные в систему электронные версии учебных материалов. Достаточная полнота учебной базы данных (УБД), рациональная структура и эффективность системы связей, позволяющей в нужном месте переходить к необходимому источнику информации, во многом определяют качество электронного образовательного ресурса и его дидактические возможности.

В настоящем сообщении рассматриваются дидактические возможности учебной базы данных «Электроника», предназначенной для повышения эффективности изучения материала тесно взаимодействующих дисциплин: